

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 1 0 月 1 7 日
Date of Application:

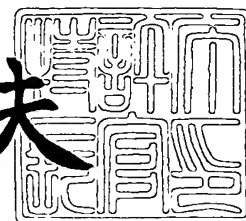
出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 3 0 3 6 5 9
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 2 - 3 0 3 6 5 9]

出 願 人 株式会社半導体エネルギー研究所
Applicant(s):

2 0 0 3 年 8 月 4 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 6 2 1 1 5

【書類名】 特許願

【整理番号】 P006667

【提出日】 平成14年10月17日

【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

【氏名】 前川 慎志

【特許出願人】

【識別番号】 000153878

【氏名又は名称】 株式会社半導体エネルギー研究所

【代表者】 山崎 舜平

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 002543

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書**【発明の名称】 半導体装置の作製方法****【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

透光性を有する基板上に金属元素を用いて結晶性半導体膜を形成した後、前記結晶性半導体膜の表面側から第 1 のレーザ光を照射した後、前記基板側から第 2 のレーザ光を照射することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 2】

透光性を有する基板上に金属元素を用いて結晶性半導体膜を形成した後、前記結晶性半導体膜の表面側から第 1 のレーザ光を照射して前記結晶性半導体膜を溶解し結晶化した後、前記基板側から第 2 のレーザ光を照射して前記結晶性半導体膜を溶解し再結晶化させることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 3】

透光性を有する基板上に金属元素を用いて結晶性半導体膜を形成した後、前記半結晶性導体膜の表面側から第 1 のレーザ光を照射して前記結晶性半導体膜を溶解し結晶化した後、前記基板側から第 2 のレーザ光を照射して前記結晶性半導体膜の欠陥を低減することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 4】

透光性を有する基板上に非晶質半導体膜を形成し、前記非晶質半導体膜に金属元素を添加し加熱して結晶性半導体膜を形成した後、前記結晶性半導体膜の表面側から第 1 のレーザ光を照射した後、前記基板側から第 2 のレーザ光を照射することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 5】

請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一項において、前記第 1 のレーザ光はパルス発振で波長域が可視から真空紫外であるレーザ光であり、かつ前記第 2 のレーザ光はパルス発振または連続発振で波長域が可視から真空紫外であるレーザ光であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 6】

請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか一項において、前記第 1 のレーザ光及び前記

第 2 のレーザ光は、気体、固体又は金属のレーザから照射されるレーザ光であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 7】

請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか一項において、前記第 1 のレーザ光は、X e C l, K r C l, A r F、K r F, X e F 等のエキシマレーザ、ガラスレーザ、ルビーレーザ、アレキサンドライドレーザ、T i : サファイヤレーザ、銅蒸気レーザ、または金蒸気レーザから照射されるレーザ光、若しくは Y A G レーザ、Y V O₄レーザ、Y L F レーザの第 2 高調波～第 4 高調波であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 8】

請求項 1 乃至請求項 7 のいずれか一項において、前記第 2 のレーザ光は、X e C l, K r C l, A r F、K r F, X e F 等のエキシマレーザ、A r レーザ、K r レーザ、ガラスレーザ、ルビーレーザ、アレキサンドライドレーザ、T i : サファイヤレーザ、ヘリウムカドミウムレーザ、銅蒸気レーザ、または金蒸気レーザから照射されるレーザ光、若しくは Y A G レーザ、Y V O₄レーザ、Y L F レーザなどの第 2 高調波～第 4 高調波であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、透光性を有する基板上に半導体膜を形成して成る半導体素子を備えた半導体装置の作製方法に関し、結晶構造を有する半導体膜、代表的にはシリコン膜を有する半導体装置の作製方法に適用し有効な技術に関する。

【従来の技術】

【 0 0 0 2 】

近年、絶縁表面を有する基板上に形成された半導体薄膜（厚さ数～数百 n m 程度）を用いて薄膜トランジスタ（T F T）を構成し、この T F T で形成した大面積集積回路を有する半導体装置の開発が進んでいる。

【 0 0 0 3 】

従来の TFT の作製工程として、非晶質半導体膜に金属元素を添加して低温（600℃以下）且つ短時間（1～12時間）で、結晶構造を有する半導体膜を形成する方法（以下、金属元素を用いた固相成長法と示す。）がある。（特許文献1）。

【0004】

また、金属元素を用いた固相成長法の後、レーザ光を照射して（以下、レーザアニール法と示す。）結晶構造を有する半導体膜を作製する方法もある。（特許文献2）。特許文献2の技術により、半導体膜の結晶性が向上し、該半導体膜を有する薄膜トランジスタの電気特性が向上している。

【0005】

特許文献1の技術を用いて作製した結晶性半導体膜と、特許文献2の技術を用いて作成した結晶性半導体膜とでは、半導体膜中の金属元素の濃度が異なることが分かっている。

図6は、全反射蛍光X線分光（TXRF；Total Reflection X-ray Fluorescence Spectroscopy）によって、結晶性シリコン膜中のシリコン元素濃度に対するニッケル元素濃度の比を表したものである。試料Aは、特許文献1の技術（金属元素を用いた固相成長法）により作製した結晶性シリコン膜、試料Bは、特許文献2の技術（金属元素を用いた固相成長法及びレーザアニール法）により作製した結晶性シリコン膜の測定結果を示す。図6から、特許文献2の技術で作製した結晶性シリコン膜は、膜中のニッケル元素の濃度、即ち金属元素の濃度が低下していることから、該技術により低温且つ短時間の処理工程により、オン電流を低下し、かつ低消費電力のTFTを作製することを可能とした。

【0006】

一方、本発明者らにより、特許文献2の技術を用いて作製した結晶性半導体膜、即ち非晶質半導体膜に金属元素を添加し加熱した後、レーザ光を照射して作製した結晶性半導体膜は、基板又は基板からの不純物をブロッキングするための絶縁膜付近に、歪、すなわち結晶欠陥が生じていることが分かった。

【0007】

図5（A）は、エキシマレーザ光を照射して得た結晶性半導体膜の断面のTE

M図である。一方、図5(B)は、この模式図である。図5(A)および図5(B)において、領域*1は結晶性半導体膜を、領域*3はブロッキング膜である窒化酸化シリコン膜を、領域*1の上層(図5(B)の領域*4)は、保護膜である非晶質シリコン膜を、領域*2及び、領域*2aは、それぞれ結晶性シリコン膜の欠陥部分を示している。

【0008】

エキシマレーザ光を用いたレーザアニール法では、半導体膜、代表的にはシリコン膜全体が完全に溶融しないため、このような結晶欠陥が生じると考える。この欠陥部分を有する半導体膜をTF Tに用いた場合、TF Tの電気特性に影響を及ぼす。すなわち、結晶欠陥などに起因する結晶粒界におけるポテンシャル準位の影響により、キャリアの電流輸送特性が低下する原因となる。このため、半導体膜中の結晶欠陥を低減すれば、特許文献2の技術で作製したTF Tのオン電流の向上、移動度の向上、S値低減することができ、この結果TF Tの電気特性をさらに改善することが可能と考える。

【0009】

また、金属元素は、結晶質部分よりも非晶質部分において、固溶度が高いことが知られている。結晶欠陥部分は、結晶性が低いので、結晶欠陥部分において、金属元素が偏析しやすいと予想される。このことから、半導体膜の結晶欠陥を低減し、該欠陥部分に偏析する残留金属元素の濃度を低減することにより、同様にTF Tの電気特性を改善することができると考える。

【0010】

【特許文献1】

特開平7-130652号公報(第5~7頁、第6図)

【特許文献2】

特開平7-161634号公報(第7~8頁、第3図)

【0011】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は、上記問題点を鑑みなされたものであり、半導体膜を有する半導体装置に対し、半導体膜の結晶欠陥を低減する技術、また、金属元素を効果的に除去

して、結晶性の高い半導体膜を形成する技術、並びにそれを用いて高性能を実現する半導体素子（薄膜トランジスタ、薄膜ダイオード、光電変換素子、又は抵抗素子）を作製することを目的とする。さらには、優れた半導体膜を用いた T F T を構成素子とする大面積集積回路を有する半導体装置を提供することを目的とする。

【 0 0 1 2 】

【課題を解決するための手段】

本発明の要旨は、透光性を有する基板上に非晶質半導体膜を形成し、該半導体膜に金属元素を添加し加熱した後、レーザ光を照射して結晶性半導体膜を有する薄膜素子を作製する工程において、第 1 のレーザ光を照射した側と反対側から、第 2 のレーザ光を照射するものである。なお、第 1 のレーザ光は、基板の表面側、すなわち半導体膜が形成されている側から照射するものであり、第 2 のレーザ光は基板の裏面側、すなわち、基板側から基板を介して半導体膜にレーザ光を照射するものである。

【 0 0 1 3 】

本発明の要旨は、透光性を有する基板上に非晶質半導体膜を形成し、該半導体膜に金属元素を添加し加熱した後、レーザ光を照射して結晶性半導体膜を有する薄膜素子を作製する工程において、第 1 のレーザ光を照射して半導体膜を部分的に熔融させ固化させた後、基板の裏面から、半導体膜に第 2 のレーザ光を照射するものである。

【 0 0 1 4 】

金属元素を用いた固相成長法及びレーザアニール法によって形成される結晶性半導体膜には、半導体膜とブロッキング膜の間、即ち基板側の半導体膜に結晶欠陥が形成される。第 2 のレーザ光を基板裏面より照射することにより、結晶欠部分域にダイレクトにレーザ光を照射することができる。このため、効率よく結晶欠陥部分にレーザ光を照射することができ、結晶欠陥の少ない結晶性半導体膜を形成することができる。

【 0 0 1 5 】

すなわち、欠陥を有する結晶性半導体膜に、基板の裏側から第 2 のレーザ光を

照射することにより、欠陥を有する結晶性半導体膜の部分を再溶融させた後、再結晶化させるため、結晶欠陥を低減させることができる。

【0016】

さらに、結晶欠陥部分にした金属元素を効率よく除去することができ、従来の方法で作製していたTFTにもまして、電気特性を向上させることができる。

【0017】

本発明に用いる基板には、透光性を有するものであり、代表的には、ガラス基板、石英基板などを用いることができる。前記ガラス基板として、バリウムホウケイ酸ガラス、またはアルミノホウケイ酸ガラスなどのガラスからなる基板が挙げられる。

【0018】

本発明に用いる第1のレーザ光には、気体レーザ、固体レーザまたは金属レーザから照射されたパルス発振のレーザ光であって、波長域が可視から真空紫外であるレーザ光を用いる。気体レーザ、固体レーザまたは金属レーザから照射され、かつ波長域が可視から真空紫外であるパルス発振のレーザ光の代表例は、XeCl, KrCl, ArF, KrF, XeFなどのエキシマレーザから照射されるレーザ光、YAGレーザ、YVO₄レーザ、YLFレーザなど固体レーザの第2高調波～第4高調波、ガラスレーザ、ルビーレーザ、アレキサンドライドレーザ、Ti:サファイヤレーザ等の固体レーザから照射されるレーザ光、銅蒸気レーザ、金蒸気レーザ等の金属レーザから照射されるレーザ光を用いる。また、第1のレーザ光は、当該レーザを光源とするレーザ光を光学系にて線状、楕円状、又は面状に集光して照射する。

【0019】

本発明に用いる第2のレーザ光には、気体レーザ、固体のレーザ又は金属レーザから照射されたパルス発振又は連続発振のレーザ光であって、波長域が可視から真空紫外であるレーザ光を用いる。気体レーザ、固体レーザまたは金属レーザから照射され、かつ波長域が可視から真空紫外であるパルス発振のレーザ光又は連続発振のレーザ光の代表例は、パルス発振のXeCl, KrCl, ArF, KrF, XeFなどのエキシマレーザから照射されるレーザ光、連続発振のArレ

ーザ、Kr レーザなどの気体レーザから照射されるレーザ光、パルス発振又は連続発振のYAGレーザ、YVO₄レーザ、YLFレーザなど固体レーザの第2高調波～第4高調波、或いはガラスレーザ、ルビーレーザ、アレキサンドライドレーザ、Ti:サファイヤレーザ等の固体レーザから照射されるレーザ光、ヘリウムカドミウムレーザから照射される連続発振のレーザ光、銅蒸気レーザ、金蒸気レーザ等の金属レーザから照射されるパルス発振のレーザ光を用いる。また、第2のレーザ光は、当該レーザ発振器を光源とするレーザ光を光学系にて線状、楕円状、又は面状に集光して照射する。

【0020】

なお、第2のレーザ光において、波長域が紫外～真空紫外のレーザ光、代表的には、パルス発振のXeCl, KrCl, ArF, KrF, XeFなどのエキシマレーザから照射されるレーザ光、或いはパルス発振又は連続発振のYAGレーザ、YVO₄レーザ、YLFレーザなど固体レーザの第3高調波又は第4高調波は、透光性を有する基板を透過する過程でエネルギー密度が減衰するが、第1絶縁膜と結晶性半導体膜との界面で形成された欠陥を溶融させ、再結晶させるには十分なエネルギー密度を有している。

【0021】

このような本発明の要旨に基づく本発明の半導体装置の作製方法は、以下に示す構成を包含することができる。

【0022】

本発明は、透光性を有する基板上に金属元素を用いて結晶性半導体膜を形成した後、前記半導体膜の表面側から第1のレーザ光を照射した後、前記基板側から第2のレーザ光を照射することを特徴とする。

【0023】

また、本発明は、透光性を有する基板上に金属元素を用いて結晶性半導体膜を形成した後、前記半導体膜の表面側から第1のレーザ光を照射し前記結晶性半導体膜を溶融し結晶化した後、前記基板側から第2のレーザ光を照射して前記半導体膜溶融し再結晶化させることを特徴とする。

【0024】

また、本発明は、透光性を有する基板上に金属元素を用いて結晶性半導体膜を形成した後、前記半結晶性導体膜の表面側から第1のレーザ光を照射し前記結晶性半導体膜を熔融し結晶化した後、前記基板側から第2のレーザ光を照射して前記半導体膜の欠陥を低減することを特徴とする。

【0025】

また、本発明は、透光性を有する基板上に非晶質半導体膜を形成し、前記非晶質半導体膜に金属元素を添加し加熱して結晶性半導体膜を形成した後、前記結晶性半導体膜の表面側から第1のレーザ光を照射した後、前記基板側から第2のレーザ光を照射することを特徴とする。

【0026】

本発明において、前記第1のレーザ光はパルス発振で波長域が可視から真空紫外であるレーザ光であり、かつ前記第2のレーザ光はパルス発振または連続発振で波長域が可視から真空紫外であるレーザ光であることを特徴とする。

【0027】

本発明において、前記第1のレーザ光及び前記第2のレーザ光は、気体、固体又は金属のレーザから照射されるレーザ光であることを特徴とする。

【0028】

本発明において、前記第1のレーザ光の代表例は、XeCl, KrCl, ArF, KrF, XeFなどのエキシマレーザから照射されるレーザ光、YAGレーザ、YVO₄レーザ、YLFレーザなど固体レーザの第2高調波～第4高調波、ガラスレーザ、ルビーレーザ、アレキサンドライドレーザ、Ti:サファイヤレーザ等の固体レーザから照射されるレーザ光、または銅蒸気レーザ、金蒸気レーザ等の金属レーザから照射されるレーザ光である。

【0029】

本発明において、前記第2のレーザ光の代表例は、パルス発振のXeCl, KrCl, ArF, KrF, XeFなどのエキシマレーザから照射されるレーザ光、連続発振のArレーザ、Krレーザなどの気体レーザから照射されるレーザ光、パルス発振又は連続発振のYAGレーザ、YVO₄レーザ、YLFレーザなど固体レーザの第2高調波～第4高調波、或いはガラスレーザ、ルビーレーザ、ア

レキサンドライドレーザ、Ti:サファイヤレーザ等の固体レーザから照射されるレーザ光、またはヘリウムカドミウムレーザから照射される連続発振のレーザ光、または銅蒸気レーザ、金蒸気レーザ等の金属レーザから照射されるパルス発振のレーザ光である。

【発明の実施の形態】

上記本発明に係る結晶性半導体膜の作製方法を用いたTF Tの作製方法について、以下に図面を用いて詳細に説明する。

(実施の形態1)

透光性を有する基板上に形成した非晶質シリコン膜に、第1のレーザ光を照射して結晶性シリコン膜を形成した後、第2のレーザ光を基板の裏面から照射し、結晶性半導体膜を作製する形態について図1を用いて説明する。

【0030】

まず、図2(A)で示すように、ガラス基板101上に酸化シリコン膜、窒化シリコン膜又は酸窒化シリコン膜(SiO_xN_y)等の絶縁膜からなる第1絶縁層102を形成する

【0031】

次に、第1絶縁層102上に、プラズマCVD法で300℃の基板加熱温度で非晶質シリコン膜103を形成する。このときの膜厚は、20～60nmである。この膜の厚さの上限はTF Tのチャネル形成領域において完全空乏型として動作させるための上限値であり、この膜厚の下限値はプロセス上の制約であり、結晶性シリコン膜のエッチング工程において選択加工する場合に必要な最小値として決めている。一方、部分空乏型として動作させるには、非晶質シリコン膜は60nm以上の厚さ（好ましくは100～200nm）で形成する。また、非晶質シリコン膜に換えて、非晶質シリコンゲルマニウム($\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$; $x=0.001\sim0.05$)膜を適用しても良い。こののち、非晶質シリコン膜上に、金属元素を含む溶液、代表的には、ニッケル、コバルト、白金パラジウム等非晶質シリコンの結晶化を促進させる金属元素を含む溶液104を塗布し、500～650℃、1～12時間で加熱して、結晶性シリコン膜を形成する。

【0032】

次に、図 1 (B) に示すように、基板を 1 5 0 の方向に移動して、結晶性シリコン膜 1 0 5 に、第 1 のレーザ光 1 0 6 を照射して結晶性シリコン膜 1 0 5 の結晶性を高める。結晶性が高められた結晶性シリコン膜 1 0 7 は、結晶性シリコン膜と第 1 絶縁膜との界面で欠陥が生じているので、第 2 のレーザ光 1 0 8 を基板の裏面から照射し、欠陥を低減した結晶性シリコン膜 1 0 9 を形成する。

【 0 0 3 3 】

第 1 のレーザ光には、気体レーザ、固体レーザまたは金属レーザから照射されたパルス発振のレーザ光であって、波長域が可視から真空紫外であるレーザ光を用いる。気体レーザ、固体レーザまたは金属レーザから照射され、かつ波長域が可視から真空紫外であるパルス発振のレーザ光の代表例は、X e C l , K r C l , A r F、K r F、X e F などのエキシマレーザから照射されるレーザ光、Y A G レーザ、Y V O₄ レーザ、Y L F レーザなど固体レーザの第 2 高調波～第 4 高調波、ガラスレーザ、ルビーレーザ、アレキサンドライドレーザ、T i : サファイヤレーザ等の固体レーザから照射されるレーザ光、銅蒸気レーザ、金蒸気レーザ等の金属レーザから照射されるレーザ光を用いる。また、第 1 のレーザ光は、当該レーザを光源とするレーザ光を光学系にて線状、楕円状、又は面状に集光して照射する。本実施の形態では、基板を 1 5 0 の方向に移動して、レーザ光を照射しているが、基板を固定して 1 5 0 と反対方向へレーザ光を移動してもよい。

【 0 0 3 4 】

第 2 のレーザ光には、気体又は固体のレーザから照射されたパルス発振又は連続発振のレーザ光であって、波長域が可視から真空紫外であるレーザ光を用いる。気体レーザ、固体レーザまたは金属レーザから照射され、かつ波長域が可視から真空紫外であるパルス発振のレーザ光又は連続発振のレーザ光の代表例は、パルス発振の X e C l , K r C l , A r F、K r F、X e F などのエキシマレーザから照射されるレーザ光、連続発振の A r レーザ、K r レーザなどの気体レーザから照射されるレーザ光、パルス発振又は連続発振の Y A G レーザ、Y V O₄ レーザ、Y L F レーザなど固体レーザの第 2 高調波～第 4 高調波、或いはガラスレーザ、ルビーレーザ、アレキサンドライドレーザ、T i : サファイヤレーザ等の固体レーザから照射されるレーザ光、ヘリウムカドミウムレーザから照射される連

続発振のレーザ光、銅蒸気レーザ、金蒸気レーザ等の金属レーザから照射されるパルス発振のレーザ光を用いる。また、第2のレーザ光は、当該レーザ発振器を光源とするレーザ光を光学系にて線状、楕円状、又は面状に集光して照射する。

【0035】

なお、第2のレーザ光において、波長域が紫外～真空紫外のレーザ光、代表的には、パルス発振のXeCl, KrCl, ArF, KrF, XeFなどのエキシマレーザから照射されるレーザ光、或いはパルス発振又は連続発振のYAGレーザ、YVO₄レーザ、YLFレーザなど固体レーザの第3高調波又は第4高調波は、透光性を有する基板を透過する過程でエネルギー密度が減衰するが、第1絶縁膜と結晶性半導体膜との界面で形成された欠陥を熔融させ、再結晶させるには十分なエネルギー密度を有している。

【0036】

このときの第1のレーザ光及び第2のレーザ光のレーザ光照射位置を図1（C）に示す。本実施の形態では、第1のレーザ光の照射位置121と第2のレーザ光の照射位置122とが重なっていないが、レーザ光のエネルギー密度により、第1のレーザ光が照射されている部分において欠陥が生じている領域に対しては、第2のレーザ光を第1のレーザ光に重ねて照射してもよい。

【0037】

次に、本実施の形態に用いるレーザアニール装置を図2に用いて説明する。移動台201に設置した基板202に、第1のレーザ発振器203を発振源とする第1のレーザ光204を照射する。なお、第1のレーザ光204は、第1の光学系205にて線状、楕円状、又は面状に集光されたものである。また、図2では、第1ミラー206を用いて基板に第2のレーザ光を照射しているが、この第1のミラーを用いなくともよい。

【0038】

基板を移動方向250に移動し、第2のレーザ発振器207を発振源とする第2のレーザ光208を基板に照射する。第2のレーザ光208は、第2の光学系209にて線状、楕円状、又は面状に集光されたものである。なお、図2では、第2ミラー210を用いて基板にレーザ光を照射しているが、この第2のミラー

を用いなくともよい。

【0039】

また、移動台は、第1のレーザ光の照射位置から第2のレーザ光の照射位置の方向250に対して垂直な方向251、252へ移動することにより、基板202の全面または所望の領域を効率良くアニールすることができる。

さらに、移動台201は、裏面から照射される第2のレーザ光の高い透過率を得るために、例えばBK7や石英とするのが好ましい。

【0040】

次に、図1(D)に示すように、結晶性シリコン膜中に含まれる金属などの不純物を除去するためゲッタリングを行う。結晶化の工程で意図的に添加した金属元素を $1 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 以下(SIMS(二次イオン分析法)測定限界以下)の濃度にまで低減する。結晶性シリコン膜109上にバリア層110を介在させて、ゲッタリング用の非晶質シリコン膜111を形成してゲッタリングサイトとする。バリア層には、酸化珪素を用いる。ゲッタリング用の非晶質シリコン膜には、リンやボロンなどの不純物元素、又はAr、Kr、Xeなどの希ガス元素、酸素、窒素などを $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ 以上含ませて金属元素の固溶度を高める。この後、加熱処理を行って、金属元素をゲッタリング用の非晶質シリコン膜へ移動させる。加熱処理には、ランプを光源とするRTA、又は加熱された気体を用いるRTA(ガスRTA)で加熱処理を行う。或いは、ファーネスアニール炉を用いて熱処理を行う。この熱処理により金属元素が、ゲッタリング用の非晶質シリコン膜側に偏析して、結果的に結晶性シリコン膜の高純度化をすることができる。熱処理後、ゲッタリング用の非晶質シリコン膜は NF_3 や CF_4 を用いたドライエッチング、 ClF_3 によるプラズマを用いないドライエッチング、或いはヒドラジンや、テトラエチルアンモニウムヒドロキシド(化学式 $(\text{CH}_3)_4\text{NOH}$)を含む水溶液などアルカリ溶液によるウェットエッチングで除去する。さらに、バリア層をフッ酸でエッチング除去することにより、金属元素濃度及び結晶欠陥を低減した結晶性シリコン膜112を形成する。

【0041】

なお、ゲッタリング工程は上記の手法に限定させるものではなく、公知の手法

を用いることができる。

【0042】

こののち、公知の方法により結晶性シリコン膜を用いて、半導体素子（薄膜トランジスタ、薄膜ダイオード、光電変換素子、又は抵抗素子等）を作製する。

【0043】

図6は、実施の形態1の工程により形成した結晶性シリコン膜中のニッケルとシリコンの濃度比を全反射蛍光X線分光（TXRF；Total Reflection X-ray Fluorescence Spectroscopy）で測定した結果である。A（白丸印（○））は、金属元素を用いた固相成長のみで形成された結晶性シリコン膜のゲッタリング後のニッケルとシリコンの濃度比を示す。

B（黒丸印（●））は、金属元素を用いた固相成長で形成した結晶性シリコン膜に第1のレーザ光であるXeClエキシマレーザ光（レーザ光の照射エネルギー： 485 mJ/cm^2 ）のみを照射した結晶性シリコン膜の、ゲッタリング後のニッケルとシリコンの濃度比を示す。

C（四角印（□））、D（菱形印（◆））、E（三角印（▲））、F（逆三角印（▼））は、それぞれ金属元素を用いた固相成長により形成した結晶性シリコン膜に、第1のレーザ光であるXeClエキシマレーザ光（第1のレーザ光の照射エネルギー： 485 mJ/cm^2 ）で照射した後、裏面より第2のレーザ光であるYAGレーザ光（Cの第2のレーザ光の照射エネルギー： 100 mJ/cm^2 、Dの第2のレーザ光の照射エネルギー： 125 mJ/cm^2 、Eの第2のレーザ光の照射エネルギー： 150 mJ/cm^2 、Fの第2のレーザ光の照射エネルギー： 200 mJ/cm^2 ）を照射して形成した結晶性シリコン膜の、ゲッタリング後のニッケルとシリコンの濃度比を示す。

【0044】

第1のレーザ及び裏面からの第2のレーザ光の照射により形成された結晶性シリコン膜（図11の四角印（□）、菱形印（◆）、三角印（▲）、逆三角印（▼））のほうが、Ni/Si比のバラツキが低下しており、かつゲッタリング効率が向上していることが分かる。

【0045】

次に、実施の形態 1 の工程により作成した T F T の S 値を図 7 に示す。図 7 (A) は、n チャネル型 T F T の S 値を、図 7 (B) は、p チャネル型 T F T の S 値をそれぞれ示している。丸印 () のプロットは、基板表面から第 1 のレーザ光である X e C l エキシマレーザ (エネルギー密度 485 mJ/cm^2) 光のみを照射して形成した結晶性シリコン膜を有する T F T の S 値を示している。一方、四角印 (□) のプロットは、基板表面から、第 1 のレーザ光である X e C l エキシマレーザ光 (エネルギー密度 485 mJ/cm^2) を照射した後、第 2 のレーザ光である Y A G レーザ光 (エネルギー密度 150 mJ/cm^2) を照射して形成した結晶性シリコン膜を有する T F T の S 値である。n チャネル T F T 及び p チャネル T F T とともに、S 値が低減していることから、結晶性シリコン膜中の欠陥が減少して、結晶性が高まっていることが分かる。

【0046】

このように、本発明により、金属元素を添加して形成した結晶性シリコン膜を用いて、欠陥が少なく、結晶性シリコン膜中の残留金属元素濃度も少ない結晶性シリコン膜を作製することができる。該結晶性シリコン膜を活性層に用いた T F T は、従来技術で作製した T F T より、更にオフ電流を低減させることができ、消費電力を抑えることができる。また、S 値が低いので低電圧で高速動作が可能である。

【0047】

(実施の形態 2)

本実施の形態では、基板の表面全面に第 1 のレーザ光を照射した後、基板の裏面全面に第 2 のレーザ光を照射する工程を、図 3 を用いて示す。

【0048】

図 3 (A) に示すように、第 1 の実施の形態と同様にして、透光性を有する基板 301 上に結晶性シリコン膜 302 を形成し、350 の方向に基板を移動しながら第 1 のレーザ光 303 を基板全面に照射して、結晶性シリコン膜 304 を形成する。なお、第 1 のレーザ光を照射した領域は、欠陥を含む結晶性シリコン膜 304 である。

【0049】

次に、図3（B）に示すように、351の方向に基板を移動しながら基板の裏面から第2のレーザ光305を照射して、欠陥を低減した結晶性シリコン膜306を形成する。なお、図3（B）は、第1のレーザ光を照射した後基板を裏返しにして、第1のレーザ光と同じ側から第2のレーザ光を照射しているが、基板を裏返しせず、第1のレーザ光と反対側から第2のレーザ光を照射してもよい。

【0050】

こののち、公知の方法により結晶性シリコン膜を、所望の形状にエッチングした後、ゲート絶縁膜、ゲート電極、ソース領域、ドレイン領域、チャネル形成領域を形成してTFTを作製する。

【0051】

このように、本発明により、欠陥が少ない結晶性シリコン膜を活性層として有するTFTを作製することができる。すなわち、立ち上がり時間が短く、高速動作が可能なTFTを作製することが可能である。

【0052】

【実施例】

（実施例1）

本発明の実施例を図1及び図4を用いて説明する。ここでは、本発明を用いて基板上にTFTを作製する方法について詳細に説明する。

【0053】

図1（A）に示すように、透光性を有するガラス基板101上に、第1絶縁膜102を形成する。第1絶縁膜は、単層でも積層でもよい。本実施例では、 SiH_4 、 NH_3 、及び N_2O を反応ガスとしてプラズマCVDにより400℃の基板加熱温度で成膜され窒素含有量が酸素含有量よりも多い又は同程度の第1酸窒化シリコン膜と、 SiH_4 、及び N_2O を反応ガスとしてプラズマCVDにより400℃の基板加熱温度で成膜され酸素含有量が窒素含有量よりも多い第2酸窒化シリコン膜を積層形成する。

【0054】

次に、第1絶縁層102上に、プラズマCVD法で300℃の基板加熱温度で非晶質シリコン膜103を形成する。このときの膜厚は、20～60nmである。次

に、オゾン水により非晶質シリコン膜の表面に酸化膜（図示しない）を形成する。次いで、非晶質シリコン膜上に、非晶質シリコン膜の結晶化を促進させるためにニッケルを含む溶液（5 ppm）をスピコートして薄い金属元素膜 104 を形成し、500℃で1時間加熱して水素だしを行った後、500℃で4時間加熱し、結晶性シリコン膜を形成する。

【0055】

次に、図1（B）に示すように、結晶性シリコン膜 105 に第1のレーザ光 106 を照射して、結晶性シリコン膜の結晶性を向上させる。このときの、第1のレーザ光は、パルス発振周波数30Hz、レーザエネルギー密度が300～500mJ/cm²のエキシマレーザ光を用いることができる。本実施例では、485mJ/cm²のエキシマレーザ光を用いる。このとき、エキシマレーザ光を光学系にて線状に集光して照射する。

【0056】

次に、基板裏面から第2のレーザ光 108 を照射し、第1絶縁膜と結晶性シリコン膜との界面に形成された欠陥を有する結晶性シリコン膜 107 の欠陥を低減し、結晶性の高い結晶性シリコン膜 109 を形成する。このときの第2のレーザ光は、パルス発振周波数30Hz、レーザエネルギー密度が100～200mJ/cm²のYAGレーザ光を用いることができる。本実施例では、150mJ/cm²のYAGレーザ光を、光学系にて線状に集光して照射する。

【0057】

なお、レーザ光を照射したときの結晶性シリコン膜の溶融時間は100nsec程度なので、第2のレーザ光と第1のレーザ光との照射間隔を100nsec以上とする。このようにすることで、第1のレーザ光の照射により形成された欠陥を第2のレーザ光を照射することで低減することができる。

【0058】

次に、図1（D）に示すように、結晶性シリコン膜中に含まれる金属などの不純物を除去するためゲッタリングを行う。結晶化の工程で意図的に添加した金属元素を $1 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 以下（SIMS（二次イオン分析法）測定限界以下）の濃度にまで低減する。結晶性シリコン膜 109 上にバリア層 110 を介在させて、ゲ

gettering用の非晶質シリコン膜 111 を形成して gettering サイトとする。
バリア層 110 には、酸化珪素を用いる。gettering 用の非晶質シリコン膜 111 には、Ar を $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ 以上含ませて金属元素の固溶度を高めた非晶質シリコン膜を用いる。この後、ファーネスアニール炉を用いて 550°C にて 4 時間の熱処理を行う。この熱処理により金属元素が、gettering 用の非晶質シリコン膜側に偏析して、結果的に結晶性シリコン膜の高純度化をすることができる。熱処理後、ヒドラジンや、テトラエチルアンモニウムハイドロオキシド（化学式 $(\text{CH}_3)_4\text{NOH}$ ）を含む水溶液などアルカリ溶液によるウエットエッチングで、非晶質シリコン膜を除去する。さらに、バリア層をフッ酸でエッチング除去する。

【0059】

こうして、図 1 (E) に示すように結晶性シリコン膜 112 を形成する。パルスレーザー光を照射した場合には、表面の平坦性が損なわれる場合がある。表面に形成された多数の凸状部をなくして平滑性を高めるため、オゾン水含有水溶液による酸化処理と、フッ酸含有水溶液による酸化膜除去処理を 1 回、好ましくは複数回繰り返す。このとき、結晶性シリコン膜の表面の凹凸形状の最大値を 10 nm 以下好ましくは 5 nm 以下にする。

【0060】

こののち、図 4 に示すように、所望の形状に結晶性シリコン膜をエッチングし、活性層 413 を形成する。次に、半導体膜の表面をフッ酸を含むエッチャントで洗浄した後、ゲート絶縁膜 414 となるシリコンを主成分とする絶縁膜を形成する。

【0061】

次いで、ゲート絶縁膜表面を洗浄した後、ゲート電極 415 を形成する。本実施例では、ゲート電極は積層構造をしており、ゲート絶縁膜に接する第 1 導電膜 415 a 及び該第 1 導電膜に接する第 2 導電膜 415 b からなる。第 1 導電膜は窒化タンタル膜からなり、第 2 の導電膜は、タングステン膜からなる。ただし、ゲート電極の材料は、これに限られるものではなく、いずれもタンタル (Ta)、タングステン (W)、チタン (Ti)、モリブデン (Mo)、アルミニウム (

A1)、銅(Cu)、クロム(Cr)、ネオジム(Nd)から選ばれた元素、またはこれらの元素を主成分とする合金材料若しくは化合物材料で形成してもよい。また、銀—銅—パラジウム合金(AgPdCu合金)を用いてもよい。さらに、本実施例では、ゲート電極を積層構造としたが、これに限られるものではなく単層構造でも多層構造でもよい。なお、第1導電膜及び第2導電膜の作製工程に関しては、特開2001-345453に開示された工程を適応すればよい。

【0062】

次に、半導体にn型を付与する不純物元素(P、As等)、ここではリンを適宜添加して、ソース領域416、ドレイン領域417、及びLDD領域418～421を形成する。なお、LDD領域の形成工程に関しては、特開2001-345453に開示された工程を適応すればよい。

【0063】

次に、ゲート電極及びゲート絶縁膜上に第2絶縁膜422を形成した後、添加した不純物元素を活性化するために加熱処理、強光の照射、またはレーザ光の照射を行う。また、活性化と同時にゲート絶縁膜へのプラズマダメージやゲート絶縁膜と半導体膜との界面へのプラズマダメージを回復することができる。

【0064】

次に、第1の層間絶縁膜423を形成し、水素化を行って、ソース領域、ドレイン領域に達するコンタクトホールを形成し、ソース電極424、ドレイン電極425を形成してTFETを完成させる。本実施例において、ソース電極及びドレイン電極424、425は、膜厚100nmのチタン膜、膜厚350nmの合金膜(代表的には、アルミニウムとシリコンとの合金膜)及び膜厚100nmのチタン膜との積層膜をエッチングして形成する。なお、配線の方法としては、Ti、AlとSiとの合金に限らず、他の低抵抗材料を用いても良い。

【0065】

本実施例では、チャネル形成領域と、高濃度に不純物元素を添加して形成するソース領域またはドレイン領域との間に低濃度に不純物元素を添加した領域(LDD)418～421を設けたものであり、かつ、ゲート絶縁膜を介してLDD領域をゲート電極と重ねて配置させた領域419、420も有している。

なお、本発明は図 4 (E) の構造に限定されず、LDD 領域を有さずチャネル形成領域、ドレイン領域及びソース領域からなる半導体膜としてもよい。

【0066】

また、ここでは n チャネル型 TFT を用いて説明したが、n 型不純物元素に代えて p 型不純物元素を用いることによって p チャネル型 TFT を形成することができることは言うまでもない。

【0067】

(実施例 2)

ここでは、駆動回路領域及び画素領域を有する液晶表示装置用のアクティブマトリクス基板を作製する方法について図 8 を用いて説明する。

【0068】

実施例 1 の工程を用いて、同一基板上に駆動回路領域 550 及び画素領域 551 において TFT を形成する。なお、駆動回路領域 550 は、p チャネル型 TFT 501 及び n チャネル型 TFT 502 からなり、画素領域 551 は、n チャネル型 TFT 503、504 からなる。

【0069】

実施例 1 の工程に沿ってソース電極 505、507、609、511 及びドレイン電極 506、508、510、512 を形成した後、第 2 の層間絶縁膜 517 を形成する。こののち、第 2 の層間絶縁膜をエッチングして画素領域の n チャネル型 TFT のドレイン電極に接続可能なコンタクトホールを開孔する。この後、導電膜を形成して、ドレイン電極に接続する画素電極 513、514 を形成する。

【0070】

なお、画素電極材料は、反射型の液晶表示装置に用いるアクティブマトリクス基板を作製する場合は、画素電極として光反射率の高い金属膜、代表的にはアルミニウムまたは銀を主成分とする膜、またはそれらの積層膜等を用いればよい。さらに、透過型の液晶表示装置に用いるアクティブマトリクス基板を作製する場合は、透光性を有する導電膜、代表的には、ITO (酸化インジウム酸化スズ合金)、酸化インジウム酸化亜鉛合金 ($\text{In}_2\text{O}_3\text{—ZnO}$)、酸化亜鉛 (ZnO)

等を用いればよい。

【0071】

以上により、液晶表示装置用のアクティブマトリクス基板を作製することができる。

【0072】

なお、本実施例の結晶性半導体膜の形成方法には、実施の形態1に記載された方法を適応したが、これに限られるものではなく、実施の形態2に記載された方法を適応することもできる。

【0073】

本発明を用いて作製したアクティブマトリクス基板を液晶表示装置に適応することで、欠陥が少ない結晶性シリコン膜を活性層として有する液晶表示装置を作製することができる。すなわち、低電圧で高速動作が可能な液晶表示装置を作製することが可能である。

【0074】

また、結晶性シリコン膜中の不純物金属元素濃度の低下を促進させることができる。すなわち、オフ電流を低減させることができ、消費電力を抑えた液晶表示装置を作製することができる。

【0075】

(実施例3)

ここでは、駆動回路領域及び画素領域を有するEL（エレクトロルミネッセンス）表示装置用のアクティブマトリクス基板を作製する方法について図9を用いて説明する。

【0076】

以下にアクティブマトリクス基板の作製例を示す。

実施例1の工程を用いて、同一基板上に駆動回路領域及び画素領域においてTFTを形成する。なお、駆動回路領域650は、nチャネル型TFT640及びpチャネル型TFT641からなる。一方、画素領域651は、ひとつの画素においてスイッチング機能を有するnチャネル型TFT643及び電流制御に用いられるpチャネル型TFT642を有する。

【0077】

第2絶縁膜611上に形成する第1の層間絶縁膜612には、無機絶縁膜又は有機材料樹脂を用いることができる。なお、有機樹脂を用いる場合は、感光性樹脂及び非感光性樹脂を用いることができる。感光性有機樹脂を用いた場合、フォトリソグラフィ工程による露光処理を行い、感光性有機樹脂をエッチングすると曲率を有する第1の開口部を形成することができる。このように曲率を有する開口部を形成することは、後に形成する電極の被覆率（カバレッジ）が高くなるという効果がある。本実施例では、第1の層間絶縁膜に、厚さ1.05 μm の感光性アクリル樹脂膜を形成する。この後、第1の層間絶縁膜のパターニング及びエッチングを行い、なだらかな内壁を有する第1の開口部を形成する。

なお、ポジ型の感光性樹脂は茶色に着色しているため、第1の層間絶縁膜612にポジ型の感光性有機樹脂を用いる場合、エッチング後に感光性有機樹脂の脱色処理を行う必要がある。

【0078】

次に、第1の開口部及び第1の層間絶縁膜612を覆うように窒化絶縁膜（代表的には、窒化珪素膜又は窒化酸化珪素膜）からなる第3絶縁膜613を形成する。本実施例では、第3の層間絶縁膜に窒化珪素膜を用いる。窒化絶縁膜からなる第3絶縁膜を形成することにより、第1の層間絶縁膜から発生する脱ガスを抑制することができる。

【0079】

次に、フォトリソグラフィ工程による露光処理を行った後、第3絶縁膜613、第2絶縁膜611、及びゲート絶縁膜610を順次エッチングし、第2の開口部を形成する。このときの、エッチング処理は、ドライエッチング処理でもウェットエッチング処理でもよい。本実施例では、ドライエッチングにより第2の開口部を形成する。

【0080】

次に、第2の開口部を形成した後、第3絶縁膜上及び第2の開口部に金属膜を形成し、フォトリソグラフィ工程による露光の後、金属膜をエッチングしてソース電極及びドレイン電極615～621を形成する。金属膜は、アルミニウム

(Al)、チタン (Ti)、モリブデン (Mo)、タングステン (W) もしくはシリコン (Si) の元素からなる膜又はこれらの元素を用いた合金膜を用いる。本実施例では、チタン膜／チタン－アルミニウム合金膜／チタン膜 (Ti/Al-Si/Ti) をそれぞれ 100/350/100 nm に積層したのち、所望の形状にパターンニング及びエッチングしてソース電極ドレイン電極 615～621 を形成する。

【0081】

その後、陽極として機能する第 1 の画素電極 622 を形成した後、第 2 の層間絶縁膜 623 を形成し、第 3 の開口部を形成する。第 2 の層間絶縁膜 623 には、無機絶縁膜又は有機材料樹脂を用いることができる。本実施例では、第 2 の層間絶縁膜に、感光性アクリル樹脂膜を用い、パターンニング及びウエットエッチングを行い、なだらかな内壁を有する第 3 の開口部を形成する。

【0082】

その後、第 4 の絶縁膜を形成してもよい。この場合、第 4 の絶縁膜をエッチングして、第 1 の画素電極を露出するように第 4 の開口部形成する。第 2 の層間絶縁膜に有機材料樹脂を用いた場合、第 4 の絶縁膜は、該有機材料樹脂から発生するガスや基板全体から発生する水分をブロッキングする効果があるため、第 4 の絶縁膜を形成することにより、発光体の劣化を抑制することができる。

【0083】

第 1 の画素電極 622 及び第 2 の層間絶縁膜 623 の上には発光体 624、陰極として機能する第 2 電極 625 及びパッシベーション膜 (図示せず) を設ける。第 1 電極 622、発光体 623、第 2 電極 624 が重畳する部位が実質的に発光素子 (EL 素子) となる。

【0084】

この発光体 624 の構成は公知の構成を用いることができる。第 1 電極 622 と第 2 電極 625 との間に配設する発光体には、発光層、正孔注入層、電子注入層、正孔輸送層、電子輸送層等が含まれ、これらの層が積層された形態又はこれらの層を形成する材料の一部又は全部が混合された形態をとることができる。基本的に EL 素子は、陽極／発光層／陰極が順に積層された構造を有しており、こ

の構造に加えて、陽極／正孔注入層／発光層／陰極や、陽極／正孔注入層／発光層／電子輸送層／陰極等の順に積層した構造を有していても良い。

【0085】

発光層は典型的には有機化合物を用いて形成されている。代表的には、その分子数から区分された低分子系有機化合物、中分子系有機化合物、高分子系有機化合物から選ばれた一種又は複数種の層を有する。また、電子注入輸送性又は正孔注入輸送性を有する無機化合物から形成される電子注入輸送層又は正孔注入輸送層を組み合わせて形成しても良い。なお、中分子とは、昇華性や溶解性を有しない有機化合物の凝集体（好ましくは、重合度10以下）又は連鎖する分子の長さが5 μm 以下（好ましくは50 nm以下）の有機化合物のことをいう。

【0086】

発光層の主体となる発光材料を以下にまとめる。低分子系有機化合物としては、トリス-8-キノリノラトアルミニウム錯体やビス（ベンゾキノリノラト）ベリリウム錯体等の金属錯体をはじめとし、フェニルアントラセン誘導体、テトラアリールジアミン誘導体、ジスチリルベンゼン誘導体等が適用可能である。また、これらの材料をホストとし、クマリン誘導体、DCM、キナクリドン、ルブレン等をドーパントとして添加することで、量子効率を上げ、高輝度化、高効率化を図ることができる。

高分子系有機化合物としては、ポリパラフェニレンビニレン系、ポリパラフェニレン系、ポリチオフエン系、ポリフルオレン系等があり、ポリ（パラフェニレンビニレン）（poly(p-phenylene vinylene)）：（PPV）、ポリ（2,5-ジアルコキシ-1,4-フェニレンビニレン）（poly(2,5-dialkoxy-1,4-phenylene vinylene)）：（RO-PPV）、ポリ（2-（2'-エチルヘキソキシ）-5-メトキシ-1,4-フェニレンビニレン）（poly[2-(2'-ethylhexoxy)-5-methoxy-1,4-phenylene vinylene]）：（MEH-PPV）、ポリ（2-（ジアルコキシフェニル）-1,4-フェニレンビニレン）（poly[2-(dialkoxyphenyl)-1,4-phenylene vinylene]）：（ROP h-PPV）、ポリパラフェニレン（poly[p-phenylene]）：（PPP）、ポリ（2,5-ジアルコキシ-1,4-フェニレン）（poly(2,5-dialkoxy-1,4-phenylene)）：（RO-PPP）、ポリ（2,5-ジヘキ

ソキシ-1, 4-フェニレン) (poly(2,5-dihexoxy-1,4-phenylene))、ポリチオフエン (polythiophene) : (PT)、ポリ(3-アルキルチオフエン) (poly(3-alkylthiophene)) : (PAT)、ポリ(3-ヘキシルチオフエン) (poly(3-hexylthiophene)) : (PHT)、ポリ(3-シクロヘキシルチオフエン) (poly(3-cyclohexylthiophene)) : (PCHT)、ポリ(3-シクロヘキシル-4-メチルチオフエン) (poly(3-cyclohexyl-4-methylthiophene)) : (PCHMT)、ポリ(3, 4-ジシクロヘキシルチオフエン) (poly(3,4-dicyclohexylthiophene)) : (PDCHT)、ポリ[3-(4-オクチルフェニル)-チオフエン] (poly[3-(4-octylphenyl)-thiophene]) : (POPT)、ポリ[3-(4-オクチルフェニル)-2, 2-ビチオフエン] (poly[3-(4-octylphenyl)-2,2-bithiophene]) : (PTOPT)、ポリフルオレン (polyfluorene) : (PF)、ポリ(9, 9-ジアルキルフルオレン) (poly(9,9-dialkylfluorene)) : (PDAF)、ポリ(9, 9-ジオクチルフルオレン) (poly(9,9-dioctylfluorene)) : (PDOF) 等が挙げられる。

【0087】

電子注入輸送層又は正孔注入輸送層として用いることができる無機化合物には、ダイヤモンド状カーボン(DLC)、Si、Ge、CN、及びこれらの酸化物又は窒化物の他、これらにP、B、N等が適宜ドーピングされたものがある。また、アルカリ金属又はアルカリ土類金属の、酸化物、窒化物又はフッ化物をも、用いることができる。さらには、当該金属とZn、Sn、V、Ru、Sm、またはInとの化合物もしくは合金であっても良い。

【0088】

また、これらの各層を混合した混合接合構造を形成しても良い。

【0089】

なお、EL素子の発光は、一重項励起状態から基底状態に戻る際の発光(蛍光)と三重項励起状態から基底状態に戻る際の発光(リン光)とがある。本発明に係るEL素子は、いずれか一方の発光を用いていても良く、又は両方の発光を用いていても良い。

【0090】

第2電極625としては、金属成分とアルカリ金属又はアルカリ土類金属、若しくはその両者を含む成分とからなる多成分の合金若しくは化合物を用いる。金属成分としては、Al、Au、Fe、V、Pd等が挙げられる。一方、アルカリ金属又はアルカリ土類金属の具体例としては、Li（リチウム）、Na（ナトリウム）、K（カリウム）、Rb（ルビジウム）、Cs（セシウム）、Mg（マグネシウム）、Ca（カルシウム）、Sr（ストロンチウム）、Ba（バリウム）等が挙げられる。その他、これら以外にもYb（イッテルビウム）、Lu（ルテチウム）、Nd（ネオジウム）、Tm（ツリウム）等を適用しても良い。第2電極は、上記金属成分にアルカリ金属又はアルカリ土類金属のうち仕事関数が3 eV以下のものを0.01～10重量%含ませた合金若しくは化合物とする。陰極として機能させる目的において、第2電極の厚さは適宜設定すれば良いが、概ね0.01～1 μm の範囲内として、電子ビーム蒸着法で形成すれば良い。

【0091】

また、パッシベーション膜（図示しない）としては、窒化シリコン膜、窒化アルミニウム膜、ダイヤモンドライクカーボン膜その他の水分や酸素に高いブロッキング性を示す絶縁膜を用いることができる。

【0092】

以上の様にして、nチャネル型TF T640とpチャネル型TF T641からなる駆動回路650、pチャネル型TF Tからなる電流制御用TF T642、nチャネル型TF TからなるスイッチングTF T643を有する画素領域651とを同一基板上に形成するEL（エレクトロルミネッセンス）表示装置用のアクティブマトリクス基板を得ることができる。

【0093】

なお、本実施例の結晶性シリコン膜の形成方法には、実施の形態1に記載された方法を適応したが、これに限られるものではなく、実施の形態2に記載された方法を適応することもできる。

【0094】

このように、本発明を用いて作製したアクティブマトリクス基板をEL表示装置に適応することで、欠陥が少ない結晶性シリコン膜を活性層として有するEL

表示装置を作製することができる。すなわち低電圧で高速動作が可能な EL 表示装置を作製することが可能である。

【0095】

(実施例 4)

本実施例は、実施例 1 において、結晶性シリコン膜の作製方法の一実施例を図 10 を用いて説明する。

【0096】

図 10 (A) に示すように、実施例 1 と同様にガラス基板 711 上にブロッキング層作用を示す第 1 絶縁膜 712、非晶質珪素膜 713 を形成する。その上にマスク絶縁膜 714 として 100nm の酸化珪素膜をプラズマ CVD 法で形成し、開口部 715 を設ける。その後、非晶質シリコン膜の結晶化を促進させるための金属元素、本実施例ではニッケル元素を添加するため、5ppm の酢酸ニッケル塩の水溶液 716 をスピンドットする。ニッケル元素は開口部 715 で非晶珪素膜と接する。

【0097】

その後、図 10 (B) で示すように 500℃ 1 時間の加熱処理により水素だしを行った後、580℃、4 時間の加熱処理により非晶質珪素膜を結晶化させる。結晶化は金属元素の作用により、開口部 715 から基板表面と平行な方向に成長する。こうして形成された結晶性シリコン膜 717 は棒状または針状の結晶が集合して成り、その各々の結晶は巨視的にはある特定の方向性をもって成長しているため、結晶の成長方向が揃っている。また、特定方位の配向率が高いという特徴がある。

【0098】

加熱処理が終了したらマスク絶縁膜 714 をエッチング除去することにより図 10 (C) で示すような結晶性珪素膜 717 を得ることができる。その後、基板の表面から、第 1 のレーザ光、代表的にはパルス発振のエキシマレーザ光を照射した後、基板の裏側から第 2 のレーザ光、代表的にはパルス発振の YAG レーザ光を照射することで、結晶の成長方向がそろっており、かつ欠陥の少ない結晶性シリコン膜を形成することができる。また、本実施例により作製した結晶性シリ

コン膜を実施例 1 乃至実施例 3 に適用することができる。

【0099】

(実施例 5)

本発明を実施して形成された TFT 及びアクティブマトリクス基板は、様々なモジュール（アクティブマトリクス型液晶モジュール、アクティブマトリクス型 EL モジュール）に用いることができる。即ち、それらを表示部に組み込んだ電子機器全てに本発明を実施できる。

【0100】

その一例は、携帯情報端末（電子手帳、モバイルコンピュータ、携帯電話等）、ビデオカメラ、デジタルカメラ、パーソナルコンピュータ、テレビ受像器、携帯電話、プロジェクター等が挙げられる。これらの一例として、アクティブマトリクス型液晶モジュールを表示部に組み込んだプロジェクターを図 11 に示す。

【0101】

図 11 (A) はフロント型プロジェクターであり、投射装置 2601、スクリーン 2602 等を含む。

【0102】

図 11 (B) はリア型プロジェクターであり、本体 2701、投射装置 2702、ミラー 2703、スクリーン 2704 等を含む。

【0103】

なお、図 11 (C) は、図 11 (A) 及び図 11 (B) 中における投射装置 2601、2702 の構造の一例を示した図である。投射装置 2601、2702 は、光源光学系 2801、ミラー 2802、2804～2806、ダイクロイックミラー 2803、プリズム 2807、液晶表示装置 2808、位相差板 2809、投射光学系 2810 で構成される。投射光学系 2810 は、投射レンズを含む光学系で構成される。本実施例は三板式の例を示したが、特に限定されず、例えば単板式であってもよい。また、図 11 (C) 中において矢印で示した光路に実施者が適宜、光学レンズや、偏光機能を有するフィルムや、位相差を調節するためのフィルム、IR フィルム等の光学系を設けてもよい。

【0104】

また、図 11 (D) は、図 11 (C) 中における光源光学系 2801 の構造の一例を示した図である。本実施例では、光源光学系 2801 は、リフレクター 2811、光源 2812、レンズアレイ 2813、2814、偏光変換素子 2815、集光レンズ 2816 で構成される。なお、図 11 (D) に示した光源光学系は一例であって特に限定されない。例えば、光源光学系に実施者が適宜、光学レンズや、偏光機能を有するフィルムや、位相差を調節するフィルム、IR フィルム等の光学系を設けてもよい。

【0105】

なお、図 11 に示したプロジェクターにおいては、透過型のアクティブマトリクス型液晶モジュールを用いた場合を示しており、反射型のアクティブマトリクス型液晶モジュールでの適用例は図示していないが、反射型のアクティブマトリクス型液晶モジュールを適応することもできる。

【0106】

従来のプロジェクターにおいて、金属元素を用いて結晶化された結晶性シリコン層を有する TFT を用いた場合、金属元素のゲッタリングが不十分なことでオフ電流を抑制できないことが原因の一つと考えられる、輝点（画素 TFT のスイッチングがスムーズに行なわれず、光りつづける画素）が生じるという問題があった。この輝点により、表示ムラが生じていたが、実施例 2 で示したアクティブマトリクス型液晶モジュールを、本実施例で示したようなプロジェクターに適応することにより、輝点を低減することが可能となる。このことにより、高精細な表示が可能なプロジェクターを作製することができる。さらに、本発明により、結晶性シリコン膜の欠陥が低減された TFT を有するアクティブマトリクス型液晶モジュールを作製することが可能なため、高速動作が可能なプロジェクターを作製することができる。

【0107】

尚、ここで示す装置はごく一例であり、これらの用途に限定するものではない。

【0108】

【発明の効果】

本発明によれば、金属元素を用いた固相成長法により形成した結晶性半導体膜の表面から第1のレーザ光、代表的には、気体レーザ、固体レーザまたは金属レーザから照射されたパルス発振のレーザ光であって、波長域が可視から真空紫外であるレーザ光を照射した後、半導体膜の裏面から第2のレーザ光、代表的には、気体レーザ、固体レーザまたは金属レーザから照射されたパルス発振のレーザ光または連続発振のレーザ光であって、波長域が可視から真空紫外であるレーザ光を照射することで、半導体膜中の欠陥及び金属元素濃度を結晶化された半導体膜の欠陥を低減することができる。

【0109】

本発明により、結晶性半導体膜の欠陥を低減することができるため、半導体膜のS値が低減され、低電圧においても高速動作が可能なTFTを作製することができる。また、残留金属元素を低減することができるため、オフ電流を低減することが可能であり、低消費電力のTFTを作製することができる。すなわち、従来の技術で作製したTFTの電気特性を更に改善することが可能である。

更に、本発明により作製したアクティブマトリクス基板を有する液晶モジュールまたはELモジュールを電子機器の表示部に用いることにより高精細な表示が可能な電子機器を得ることができる。

【0110】

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の結晶性シリコン膜の作製方法を示す図。

【図2】 本発明のレーザ照射装置を示す図。

【図3】 本発明のレーザ照射方法を示す図。

【図4】 本発明により作製した半導体装置を示す図。

【図5】 本発明により作製した結晶性シリコン膜の断面を示す図。

【図6】 本発明により形成された結晶性シリコン膜中のニッケル濃度を示す図。

。

【図7】 本発明により形成された結晶性シリコン膜のS値を示す図。

【図8】 本発明の液晶表示装置用のアクティブマトリクス基板の概略図を示す図。

。

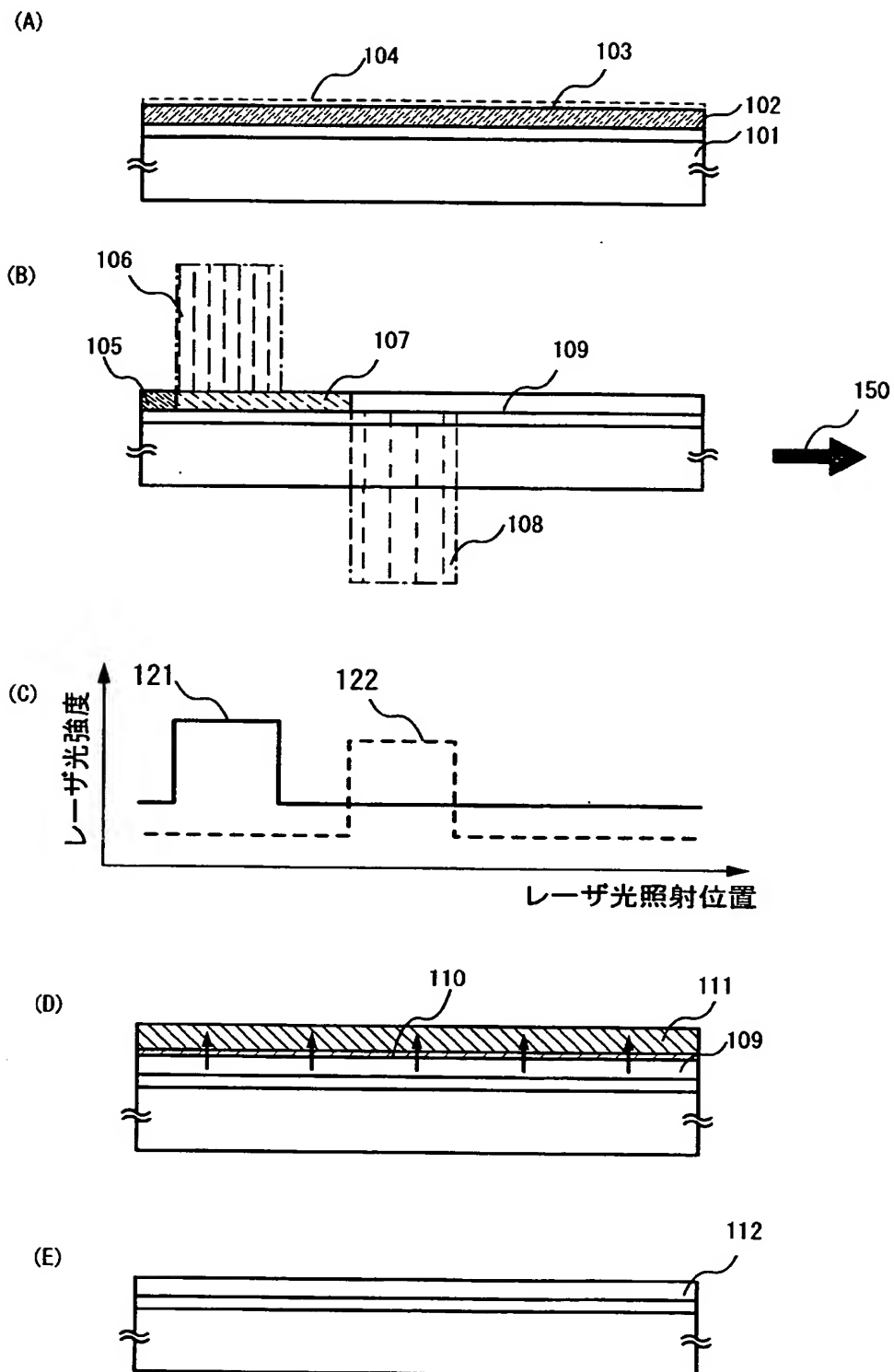
【図 9】 本発明の発光装置用のアクティブマトリクス基板の概略図を示す図。

【図 1 0】 本発明の結晶性シリコン膜の作製工程を示す図。

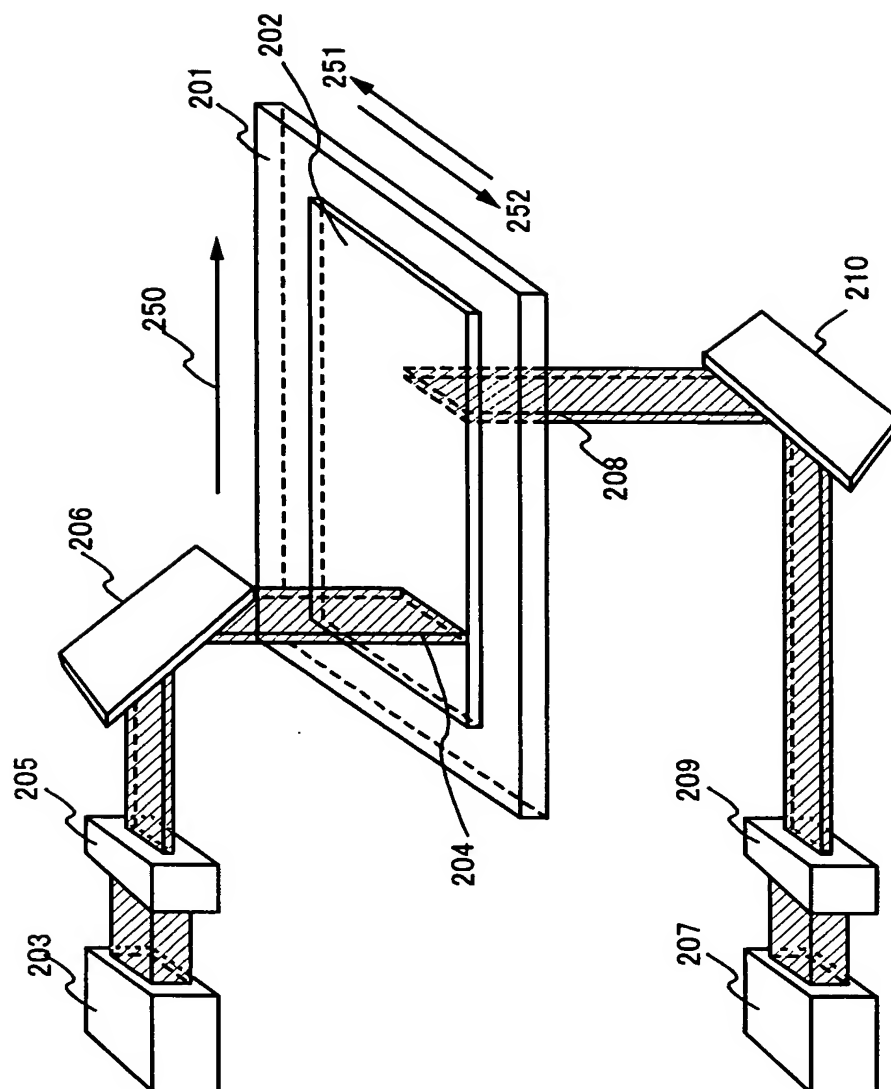
【図 1 1】 本発明を用いて作製する電子機器の例を示す図。

【書類名】 図面

【図 1】

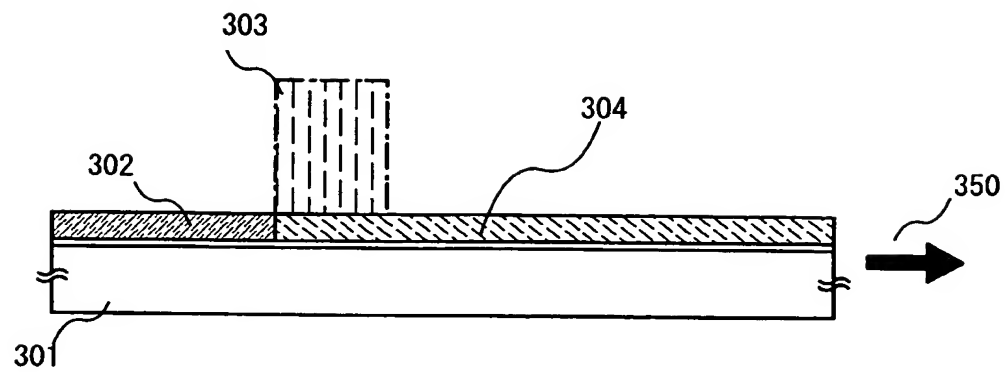


【図 2】

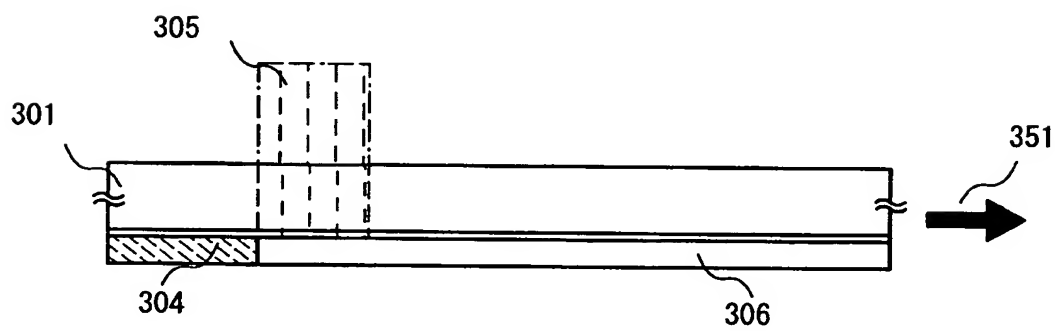


【図 3】

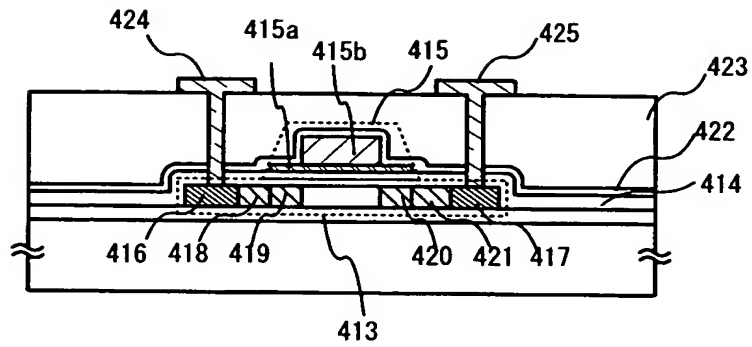
(A)



(B)

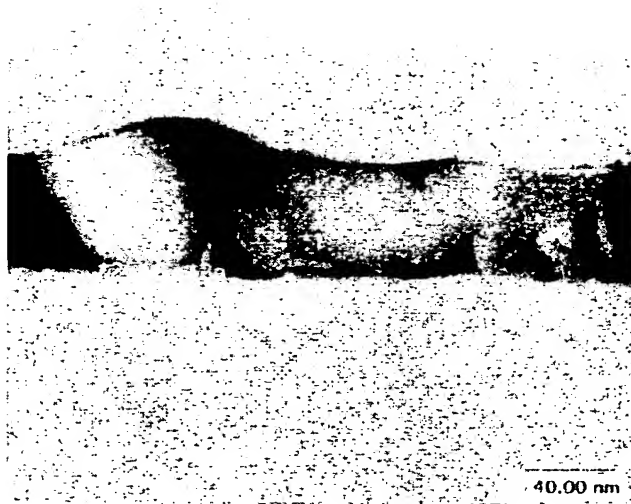


【図 4】

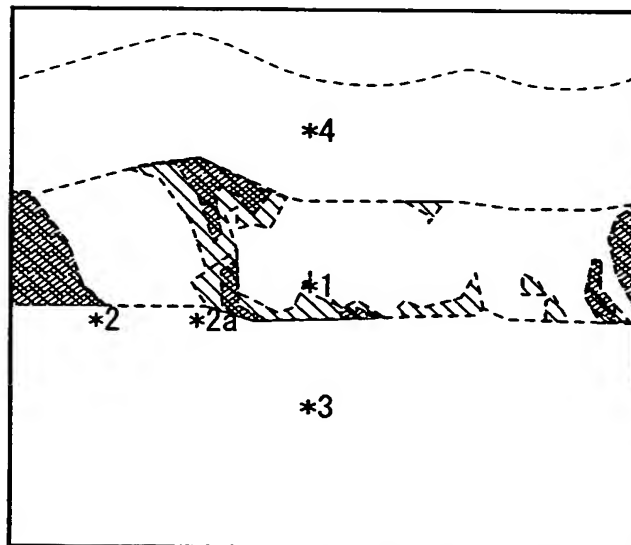


【図 5】

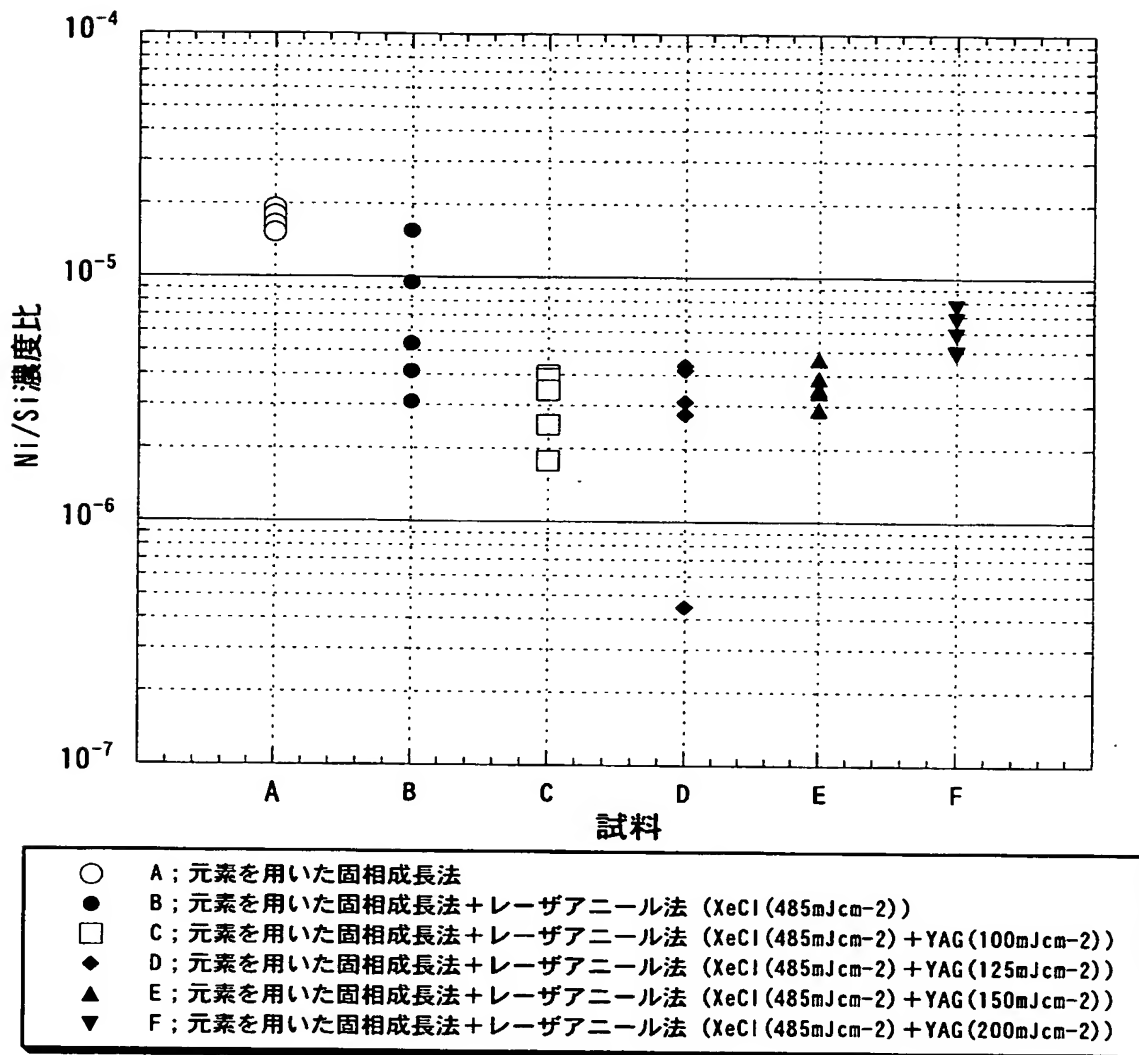
(A)



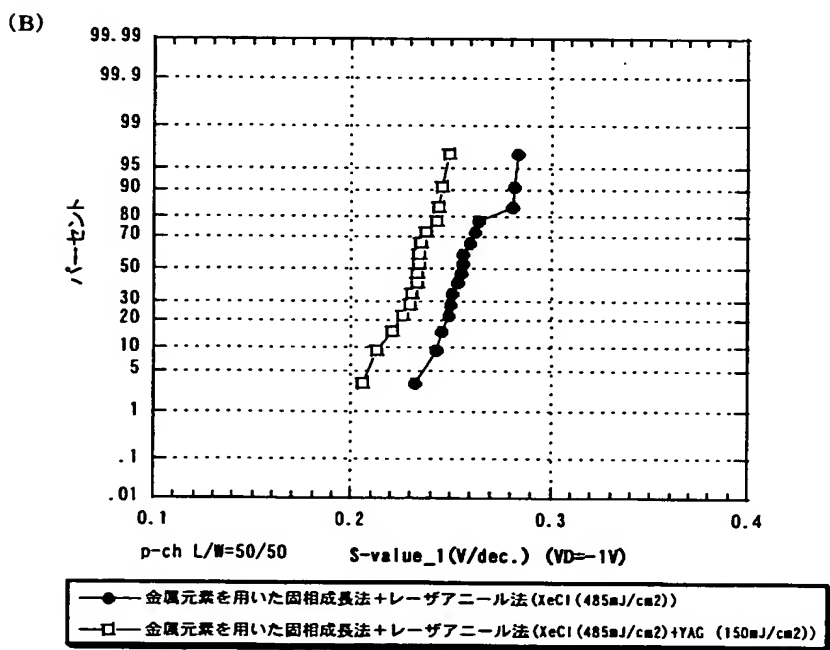
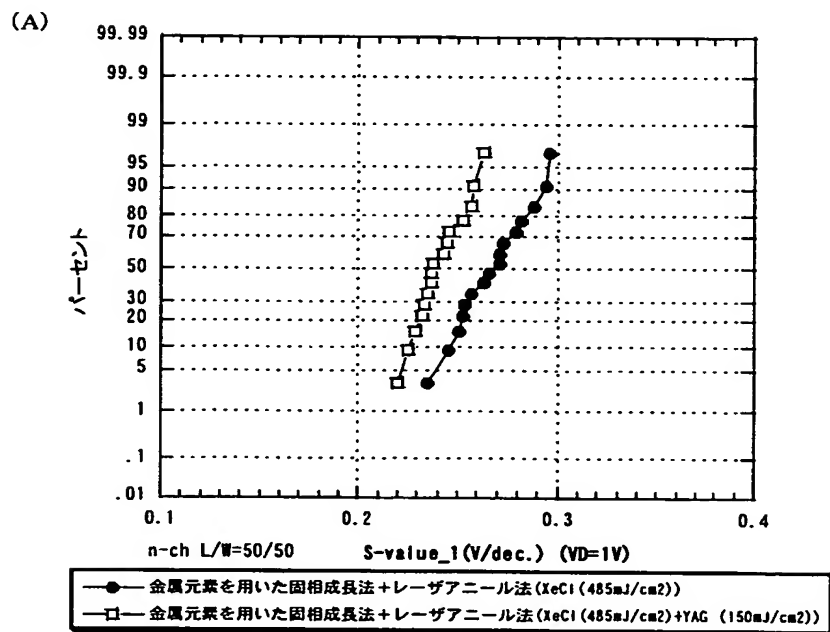
(B)



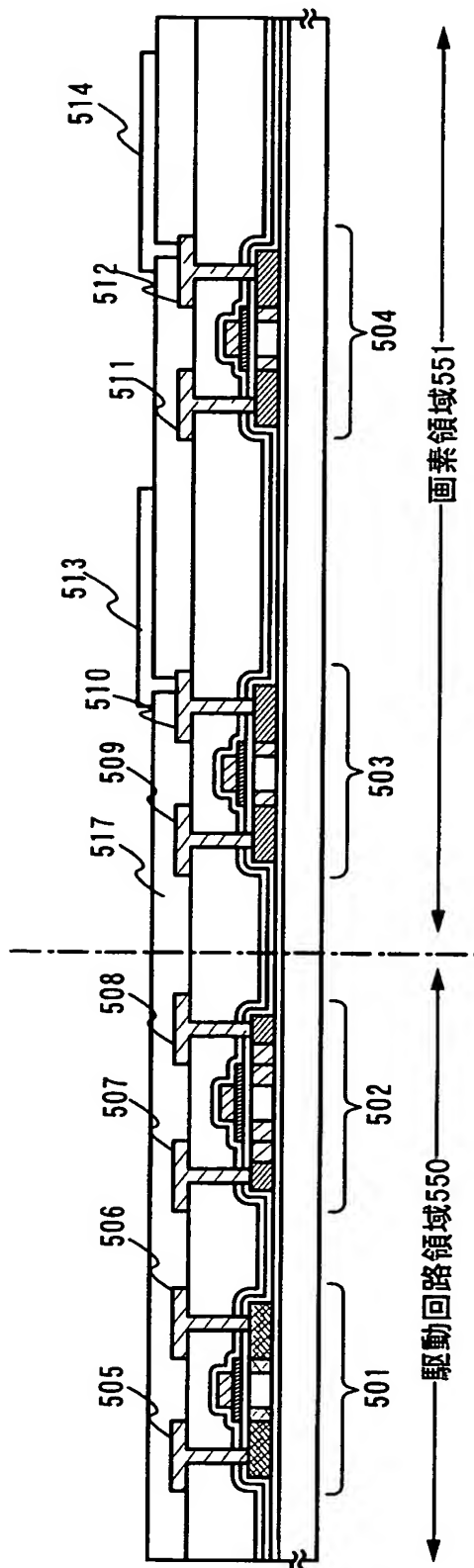
【図 6】



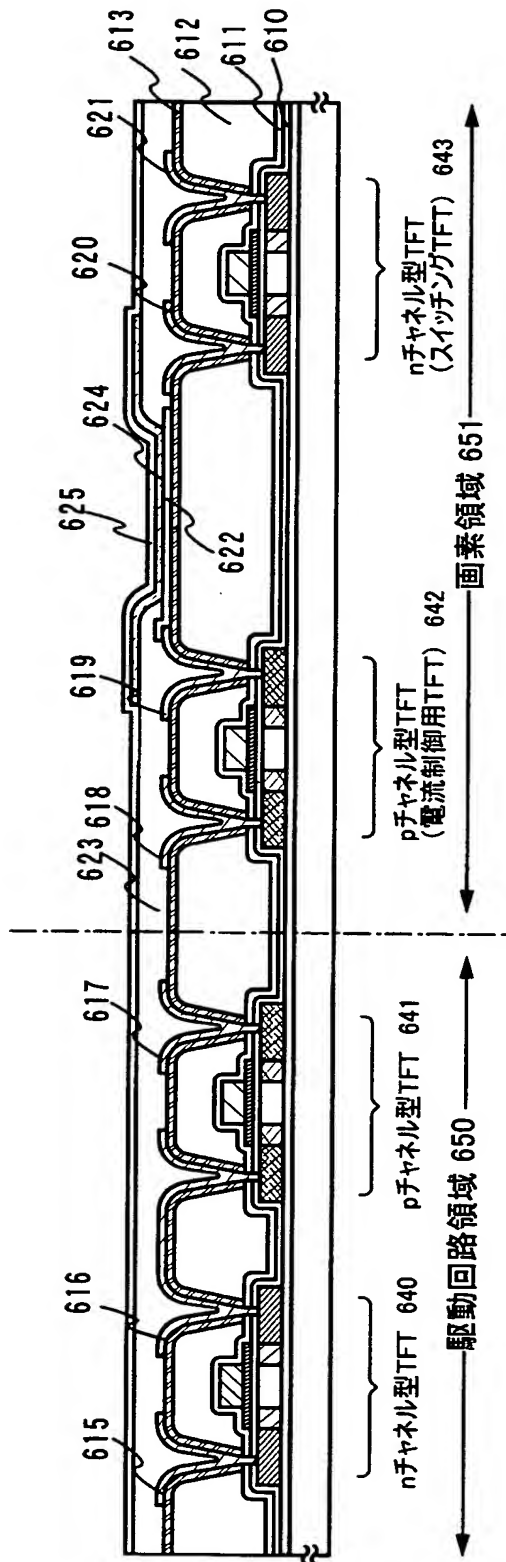
【図 7】



【図 8】

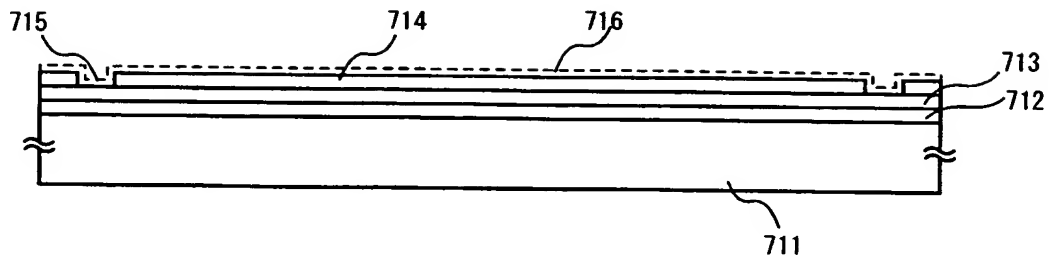


【図 9】

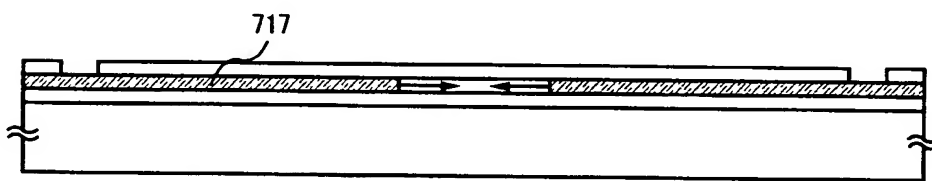


【図 10】

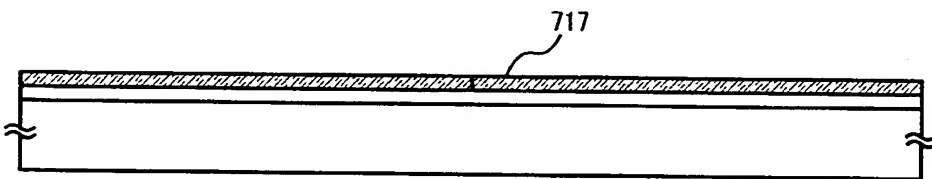
(A)



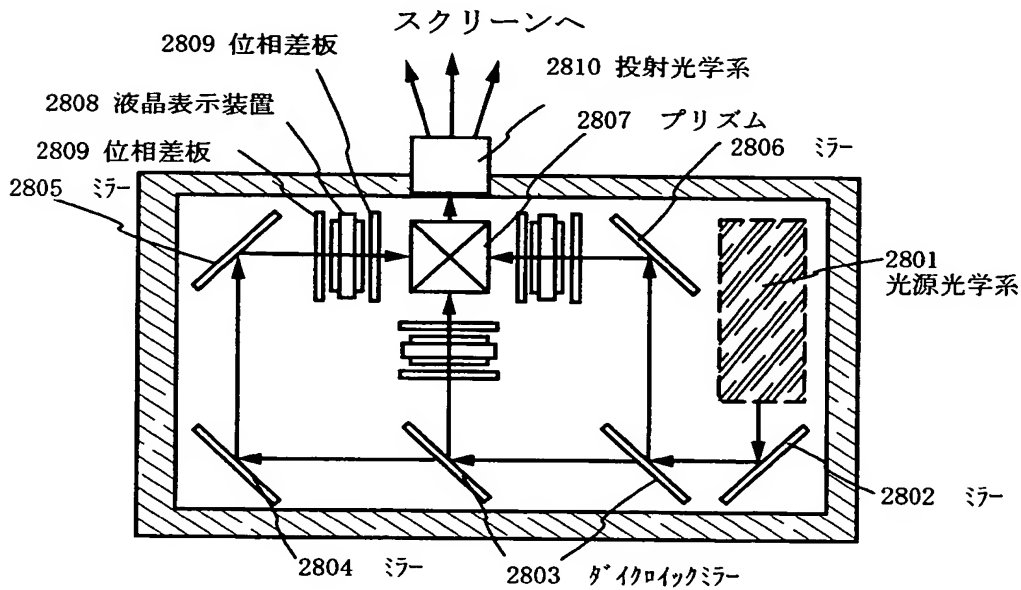
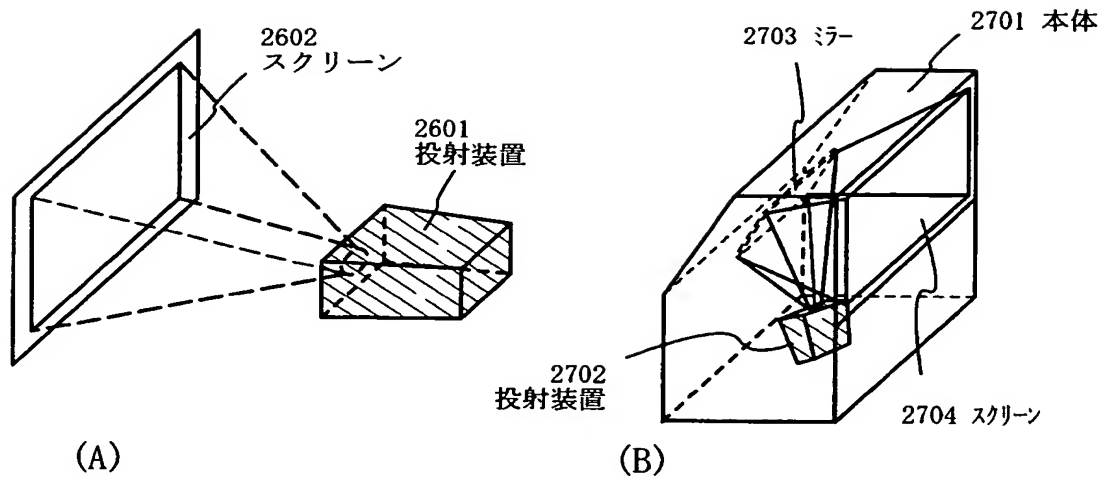
(B)



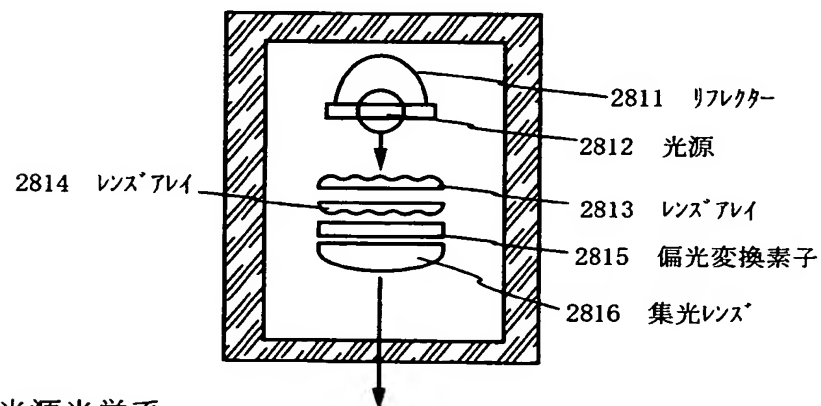
(C)



【図 11】



(C) 投射装置 (三板式)



(D) 光源光学系

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 金属元素を用いて結晶化された半導体膜を有する半導体装置に対し、半導体膜の結晶欠陥を低減する技術、また、不純物金属元素を効果的に除去して結晶性の高い半導体膜を形成する技術を目的とする。

【解決手段】 透光性を有する基板上に非晶質半導体膜を形成し、金属元素を用いて該非晶質半導体膜を結晶化し、第 1 のレーザ光を基板表面から照射して結晶性半導体膜を部分的に熔融させ固化させた後、基板の裏面から結晶性半導体膜に第 2 のレーザ光を照射する。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 2 - 3 0 3 6 5 9

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 1 5 3 8 7 8]

1. 変更年月日
[変更理由]

1 9 9 0 年 8 月 1 7 日
新規登録

住 所
氏 名

神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地
株式会社半導体エネルギー研究所